

上册

电气工程师 学习手册

蔡杏山 / 主编

双色图解+教学视频

上册 电气基础+仪器仪表+元器件+高低压电器
电动机+电气线路+电气识图

下册 三菱PLC+西门子PLC+欧姆龙PLC
变频器+触摸屏+伺服/步进驱动技术



化学工业出版社

上册

电气工程师 学习手册

蔡杏山 / 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书全面系统地介绍了电气工程师所需要掌握的电气工程基础知识、电气自动化技术及应用等内容,全书分为上下两册。

上册为电气工程基础,分电气基础和电气识图2篇,内容包括电气基础与安全用电、电气基本操作技能、电气常用仪表、低压电器、电子元器件、变压器、电动机、电动机控制线路分析与安装、室内配电与插座照明线路的安装、电气识图等,通过学习上册的内容,可以系统地了解和掌握电气基础知识,轻松迈入电气工程的大门,为学习电气自动化技术打下牢固的专业基础。

下册为高级应用电气自动化技术,共分为6篇,分别为三菱PLC篇、西门子PLC篇、欧姆龙PLC篇、变频器技术篇、PLC和变频器与触摸屏综合应用篇、伺服与步进驱动和定位控制应用技术篇,通过学习下册的内容,可以系统地了解和掌握电气自动化技术,并能在工作中进行应用实践,成为一名合格的电气工程师。

为了进一步方便读者学习,本书采用视频讲解辅助教学的方式(56个视频),帮助读者进一步加深理解书中所讲内容,读者通过手机扫描书中所附带的二维码即可观看视频,边看边学,非常方便,学习效率大大提高。

本书适合从事电气技术工作的电工、自动化技术人员以及电气工程师学习使用,也可作为大专院校及培训学校相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气工程师学习手册:全2册/蔡杏山主编. —北京:
化学工业出版社, 2019.3

ISBN 978-7-122-33579-1

I. ①电… II. ①蔡… III. ①电工技术-手册
IV. ①TM-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第000146号

责任编辑:李军亮 徐卿华
责任校对:边涛

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印装:三河市延风印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张65¼ 字数1572千字 2019年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:258.00元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

电气工程是现代科技领域中的核心学科之一，更是当今高新技术领域中不可或缺的关键学科。随着电气智能化技术的迅速发展，电气工程的地位和作用越来越重要，直接关系到整个工程的质量、工期以及生产效益。电气工程师必须要有全面的电气专业知识和比较高的电气专业水平，才能深入、细致地做好电气工程的电气设计、设备安装调试、电气施工、电气质量安全管理等工作。随着电气技术应用的不断深化和发展，社会对电气工程及自动化技术人员的需求呈上升态势。由于电气工程所覆盖的专业面非常宽泛，专业人员所需要掌握的知识非常多，要想走向工作岗位，成为一名熟练的电气工程技术人员，必须要全面学习电气专业知识。

为了满足读者学习电气工程的需求，我们编写了本书。本书是一本基础起步低、电气专业知识全面系统、内容讲解循序渐进的电气技术学习图书。初学者只需要认真学习完本书，就能很快掌握电气专业知识，达到电气工程师的技术水平。

本书分为上下两册：上册为电气工程基础，包括电气基础和电气识图2篇；下册分为6篇，分别为三菱PLC篇、西门子PLC篇、欧姆龙PLC篇、变频器技术篇、PLC和变频器与触摸屏综合应用篇、伺服与步进驱动和定位控制技术篇。具体内容如下：

上册内容为电气工程基础，分为电气基础和电气识图2篇：

主要包括电气基础与安全用电、电气基本操作技能、电气常用仪表、低压电器、电子元器件、变压器、电动机、电动机控制线路分析与安装、室内配电与插座照明线路的安装、电气识图基础、电气测量电路识图、照明与动力配电线路识图、供配电系统电气线路识图、电子电路识图、电力电子电路识图。

下册内容为高级应用电气自动化技术，分为6篇：

三菱PLC篇主要包括PLC概述、三菱FX系列PLC硬件接线和软元件说明、三菱PLC编程与仿真软件的使用、三菱PLC基本指令的使用及实例、三菱PLC步进指令的使用及实例、三菱PLC应用指令的使用举例、三菱PLC模拟量模块的使用PLC通信；

西门子PLC篇主要包括西门子S7-200SMARTPLC介绍、西门子S7-200SMARTPLC编程软件的使用、西门子S7-200SMARTPLC指令的使用及应用实例；

欧姆龙PLC篇主要包括欧姆龙CP1系列PLC快速入门相关内容；

变频器技术篇主要包括变频器的使用、变频器的典型控制功能及应用电路、变频器的选用、安装与维护；

PLC和变频器与触摸屏综合应用篇主要包括PLC与变频器的综合应用、触摸屏与PLC的综合应用；

伺服、步进驱动和定位控制技术篇主要包括交流伺服系统的组成与原理、三菱通

用伺服驱动器的硬件系统、三菱伺服驱动器的显示操作与参数设置、伺服驱动器三种工作模式的应用举例与标准接线、步进驱动器的使用及应用实例和三菱定位模块的使用。

为了进一步方便读者学习本书的内容，我们特采用视频讲解辅助教学的方式，帮助读者进一步加深理解书中所讲内容，读者通过手机扫描书中所附带的二维码即可观看视频，边看边学，非常方便，学习效率大大提高。

同时读者在阅读时遇到难理解的问题，可登录易天电学网：www.xxITee.com，观看有关辅导材料或向老师提问进行学习。

本书由蔡杏山主编，蔡玉山、詹春华、黄勇、何慧、黄晓玲、蔡春霞、刘凌云、刘海峰、刘元能、邵永亮、朱球辉、蔡华山、蔡理峰、万四香、蔡理刚、何丽、梁云、唐颖、王娟、邓艳姣、何彬、何宗昌、蔡理忠、黄芳、谢佳宏、李清荣、蔡任英和邵永明等参与了资料的收集和整理编写工作。

由于水平有限，书中疏漏在所难免，望广大读者和同仁予以批评指正。

编者

第1篇 电气基础

第1章 电气基础与安全用电 / 002

1.1 电路基础.....	002
1.1.1 电路与电路图.....	002
1.1.2 电流与电阻.....	002
1.1.3 电位、电压和电动势.....	004
1.1.4 电路的三种状态.....	005
1.1.5 接地与屏蔽.....	005
1.2 欧姆定律.....	006
1.2.1 部分电路欧姆定律.....	006
1.2.2 全电路欧姆定律.....	008
1.3 电功、电功率和焦耳定律.....	008
1.3.1 电功.....	008
1.3.2 电功率.....	009
1.3.3 焦耳定律.....	009
1.4 电阻的连接方式.....	010
1.4.1 电阻的串联.....	010
1.4.2 电阻的并联.....	010
1.4.3 电阻的混联.....	011
1.5 直流电与交流电.....	011
1.5.1 直流电.....	011
1.5.2 单相交流电.....	012
1.5.3 三相交流电.....	016
1.6 安全用电与急救.....	018
1.6.1 电流对人体的伤害.....	018

1.6.2	人体触电的几种方式	019
1.6.3	接地与接零	021
1.6.4	触电的急救方法	024

第2章 电气基本操作技能 / 026

2.1	常用电气操作工具及使用	026
2.1.1	螺丝刀	026
2.1.2	钢丝钳	027
2.1.3	尖嘴钳	028
2.1.4	斜口钳	028
2.1.5	剥线钳	029
2.1.6	电工刀	029
2.1.7	活络扳手	029
2.2	常用测试工具及使用	030
2.2.1	氖管式测电笔	030
2.2.2	数显式测电笔	031
2.2.3	校验灯	033
2.3	电烙铁与焊接技能	034
2.3.1	电烙铁	034
2.3.2	焊料与助焊剂	035
2.3.3	印制电路板	036
2.3.4	元件的焊接与拆卸	037
2.4	导线的选择	039
2.4.1	绝缘导线的种类	039
2.4.2	绝缘导线的型号	041
2.4.3	绝缘导线的选择	041
2.5	导线的剥削、连接和绝缘恢复	043
2.5.1	导线绝缘层的剥削	043
2.5.2	导线与导线的连接	045
2.5.3	导线与接线柱之间的连接	048
2.5.4	导线绝缘层的恢复	049

第3章 电气常用仪表 / 050

3.1	指针万用表的使用	050
3.1.1	面板介绍	050
3.1.2	使用前的准备工作	052

3.1.3	测量直流电压	052
3.1.4	测量交流电压	054
3.1.5	测量直流电流	055
3.1.6	测量电阻	056
3.1.7	万用表使用注意事项	056
3.2	数字万用表	057
3.2.1	面板介绍	057
3.2.2	测量直流电压	058
3.2.3	测量交流电压	059
3.2.4	测量直流电流	059
3.2.5	测量电阻	060
3.2.6	测量线路通断	061
3.3	电能表	062
3.3.1	电能表的结构与原理	062
3.3.2	电能表的普通接线方式	063
3.3.3	电能表配合互感器测量高电压大电流的接线方式	064
3.3.4	电子式电能表	066
3.3.5	电能表型号与铭牌含义	069
3.4	钳形表	070
3.4.1	钳形表的结构与测量原理	070
3.4.2	指针式钳形表的使用	071
3.4.3	数字式钳形表的使用	073
3.5	兆欧表	075
3.5.1	摇表工作原理与使用	075
3.5.2	数字式兆欧表的使用	079
3.6	交流电压表	081
3.6.1	外形	081
3.6.2	测量线电压和相电压的接线	081
3.7	交流电流表	082
3.7.1	外形	082
3.7.2	测量单相和三相电流的接线	082

第4章 低压电器 / 084

4.1	开关	084
4.1.1	照明开关	084
4.1.2	按钮开关	084

4.1.3	闸刀开关.....	085
4.1.4	铁壳开关.....	086
4.1.5	组合开关.....	087
4.1.6	倒顺开关.....	088
4.1.7	万能转换开关.....	088
4.1.8	行程开关.....	089
4.1.9	接近开关.....	089
4.1.10	开关的检测.....	090
4.2	熔断器.....	091
4.2.1	六种类型的熔断器介绍.....	092
4.2.2	熔断器的检测.....	093
4.3	断路器.....	094
4.3.1	外形与符号.....	094
4.3.2	结构与工作原理.....	094
4.3.3	型号含义与种类.....	095
4.3.4	面板标注参数的识读.....	096
4.3.5	断路器的检测.....	097
4.4	漏电保护器.....	098
4.4.1	外形与符号.....	098
4.4.2	结构与工作原理.....	099
4.4.3	在不同供电系统中的接线.....	099
4.4.4	面板介绍及漏电模拟测试.....	100
4.4.5	检测.....	101
4.5	交流接触器.....	102
4.5.1	结构、符号与工作原理.....	102
4.5.2	外形与接线端.....	103
4.5.3	辅助触点组的安装.....	103
4.5.4	铭牌参数的识读.....	104
4.5.5	型号含义.....	105
4.5.6	接触器的检测.....	105
4.5.7	接触器的选用.....	106
4.6	热继电器.....	107
4.6.1	结构与工作原理.....	107
4.6.2	外形与接线端.....	108
4.6.3	铭牌参数的识读.....	108
4.6.4	型号与参数.....	110
4.6.5	选用.....	110

4.6.6 检测.....	110
4.7 电磁继电器.....	111
4.7.1 电磁继电器的基本结构与原理.....	111
4.7.2 电流继电器.....	112
4.7.3 电压继电器.....	113
4.7.4 中间继电器.....	113
4.8 时间继电器.....	115
4.8.1 外形与符号.....	116
4.8.2 种类及特点.....	116
4.8.3 电子式时间继电器.....	116
4.8.4 选用.....	117
4.8.5 检测.....	117
4.9 速度继电器与压力继电器.....	118
4.9.1 速度继电器.....	118
4.9.2 压力继电器.....	119

第5章 电子元器件 / 120

5.1 电阻器.....	120
5.1.1 固定电阻器.....	120
5.1.2 电位器.....	125
5.1.3 敏感电阻器.....	127
5.2 电感器.....	131
5.2.1 外形与图形符号.....	131
5.2.2 主要参数与标注方法.....	131
5.2.3 性质.....	133
5.2.4 种类.....	134
5.2.5 检测.....	135
5.3 电容器.....	136
5.3.1 结构、外形与图形符号.....	136
5.3.2 主要参数.....	136
5.3.3 性质.....	137
5.3.4 种类.....	139
5.3.5 电容器的串联与并联.....	142
5.3.6 容量与误差的标注方法.....	143
5.3.7 常见故障及检测.....	145
5.4 二极管.....	146
5.4.1 半导体.....	146

5.4.2	二极管	146
5.4.3	发光二极管	151
5.4.4	光电二极管	152
5.4.5	稳压二极管	152
5.5	三极管	154
5.5.1	外形与图形符号	154
5.5.2	结构	154
5.5.3	电流、电压规律	155
5.5.4	放大原理	157
5.5.5	三种状态说明	158
5.5.6	主要参数	161
5.5.7	检测	162
5.5.8	三极管型号命名方法	166
5.6	其他常用元器件	166
5.6.1	光电耦合器	166
5.6.2	晶闸管	167
5.6.3	场效应管	168
5.6.4	IGBT	170
5.6.5	集成电路	171

第6章 变压器 / 173

6.1	变压器的基础知识	173
6.1.1	结构与工作原理	173
6.1.2	基本功能	174
6.1.3	极性判别	175
6.2	三相变压器	176
6.2.1	电能的传送	176
6.2.2	三相变压器	177
6.2.3	三相变压器的工作接线方法	177
6.3	电力变压器	179
6.3.1	外形与结构	180
6.3.2	型号说明	181
6.3.3	连接方式	181
6.3.4	常见故障及检修	182
6.4	自耦变压器	184
6.4.1	外形	184

6.4.2 工作原理	184
6.5 交流弧焊变压器	185
6.5.1 外形	185
6.5.2 结构与工作原理	185
6.5.3 使用注意事项.....	185

第7章 电动机 / 187

7.1 三相异步电动机.....	187
7.1.1 工作原理	187
7.1.2 外形与结构	189
7.2 三相异步电动机的接线与铭牌的识读	191
7.2.1 星形接线.....	191
7.2.2 三角形接线.....	192
7.2.3 铭牌的识读	192
7.3 三相异步电动机的检测与常见故障处理	193
7.3.1 三相绕组的通断和对称情况的检测	193
7.3.2 绕组间绝缘电阻的检测	197
7.3.3 绕组与外壳之间绝缘电阻的检测.....	198
7.3.4 判别三相绕组的首尾端	199
7.3.5 判断电动机的磁极对数和转速	201
7.3.6 三相异步电动机的常见故障及处理.....	201
7.4 单相异步电动机	202
7.4.1 分相式单相异步电动机的基本结构与原理	202
7.4.2 四种类型的分相式单相异步电动机的接线与特点.....	205
7.4.3 判别分相式单相异步电动机的启动绕组与主绕组.....	207
7.4.4 罩极式单相异步电动机的结构与原理	207
7.4.5 转向控制线路.....	208
7.4.6 调速控制线路.....	209
7.4.7 常见故障及处理方法.....	211
7.5 直流电动机.....	212
7.5.1 工作原理	212
7.5.2 外形与结构	213
7.5.3 五种类型直流电动机的接线及特点.....	213
7.6 同步电动机.....	216
7.6.1 外形	216
7.6.2 结构与工作原理	216

7.6.3	同步电动机的启动	217
7.7	步进电动机	219
7.7.1	外形	219
7.7.2	结构与工作原理	219
7.7.3	驱动电路	221
7.8	无刷直流电动机	222
7.8.1	外形	222
7.8.2	结构与工作原理	222
7.8.3	驱动电路	224
7.9	开关磁阻电动机	226
7.9.1	外形	226
7.9.2	结构与工作原理	226
7.9.3	开关磁阻电动机与步进电动机的区别	228
7.9.4	驱动电路	228
7.10	直线电动机	229
7.10.1	外形	229
7.10.2	结构与工作原理	229

第8章 电动机的控制线路分析与安装 / 231

8.1	正转控制线路	231
8.1.1	简单的正转控制线路	231
8.1.2	自锁正转控制线路	231
8.1.3	带过载保护的自锁正转控制线路	232
8.1.4	连续与点动混合控制线路	233
8.2	正、反转控制线路	234
8.2.1	倒顺开关正、反转控制线路	234
8.2.2	接触器联锁正、反转控制线路	235
8.2.3	按钮联锁正、反转控制线路	236
8.2.4	按钮、接触器双重联锁正反转控制线路	237
8.3	限位控制线路	238
8.3.1	行程开关	239
8.3.2	限位控制线路	239
8.4	自动往返控制线路	240
8.5	顺序控制线路	241
8.5.1	顺序控制线路一	242
8.5.2	顺序控制线路二	242
8.6	多地控制线路	243

8.7 降压启动控制线路.....	244
8.7.1 定子绕组串接电阻降压启动控制线路.....	244
8.7.2 自耦变压器降压启动控制线路.....	246
8.7.3 星形-三角形(Y-Δ)降压启动控制线路.....	249
8.8 制动控制线路.....	253
8.8.1 机械制动线路.....	253
8.8.2 电力制动线路.....	255
8.9 三相异步电动机控制线路的安装与检测.....	259
8.9.1 画出待安装线路的电路原理图.....	259
8.9.2 列出器材清单并选配器材.....	259
8.9.3 在配电板上安装元件和导线.....	260
8.9.4 检查线路.....	261
8.9.5 通电试车.....	262
8.9.6 注意事项.....	262

第9章 室内配电与插座照明线路的安装 / 264

9.1 照明光源.....	264
9.1.1 白炽灯.....	264
9.1.2 荧光灯.....	266
9.1.3 卤钨灯.....	269
9.1.4 高压汞灯.....	270
9.2 室内配电布线.....	272
9.2.1 了解整幢楼房的配电系统结构.....	272
9.2.2 室内配电方式与配电原则.....	272
9.2.3 配电布线.....	274
9.3 开关、插座和配电箱的安装.....	281
9.3.1 开关的安装.....	281
9.3.2 插座的安装.....	282
9.3.3 配电箱的安装.....	285

第2篇 电气识图

第10章 电气识图基础 / 288

10.1 电气图的分类.....	288
10.1.1 系统图.....	288
10.1.2 电路图.....	288

10.1.3	接线图	289
10.1.4	电气平面图.....	289
10.1.5	设备元件和材料表.....	290
10.2	电气图的制图与识图规则.....	291
10.2.1	图纸格式、幅面尺寸和图幅分区.....	291
10.2.2	图线和字体等规定	292
10.2.3	电气图的布局.....	295
10.3	电气图的表示方法.....	296
10.3.1	电气连接线的表示方法.....	296
10.3.2	电气元件的表示方法.....	298
10.3.3	电气线路的表示方法.....	302
10.4	电气符号.....	302
10.4.1	图形符号.....	303
10.4.2	文字符号.....	304
10.4.3	项目代号.....	304
10.4.4	回路标号.....	308

第11章 电气测量电路的识读 / 310

11.1	电流和电压测量电路的识读.....	310
11.1.1	电流测量电路.....	310
11.1.2	电压测量电路.....	312
11.2	功率和功率因数测量电路的识读.....	315
11.2.1	功率的类型与基本测量方法.....	315
11.2.2	单相和三相功率测量电路.....	315
11.2.3	功率因数测量电路.....	317
11.3	电能测量电路的识读.....	319
11.3.1	电能表的结构与原理.....	319
11.3.2	单相有功电能的测量电路.....	320
11.3.3	三相有功电能的测量电路.....	321
11.3.4	三相无功电能的测量电路.....	322

第12章 照明与动力配电线路的识读 / 324

12.1	基础知识.....	324
12.1.1	照明灯具的标注.....	324
12.1.2	配电线路的标注.....	325
12.1.3	用电设备的标注.....	327

12.1.4	电力和照明设备的标注	327
12.1.5	开关与熔断器的标注	327
12.1.6	电缆的标注	327
12.1.7	照明与动力配电电气图常用电气设备符号	328
12.2	住宅照明配电电气图的识读	329
12.2.1	整幢楼总电气系统图的识读	329
12.2.2	楼层配电箱电气系统图的识读	329
12.2.3	户内配电箱电气系统图及接线图的识读	329
12.2.4	住宅照明与插座电气平面图的识读	332
12.2.5	住宅照明线路接线图的识读	334
12.2.6	住宅插座线路接线图的识读	336
12.3	动力配电电气图的识读	336
12.3.1	动力配电系统的三种接线方式	336
12.3.2	动力配电系统图的识图实例	337
12.3.3	动力配电平面图的识图实例	339
12.3.4	动力配电线路图和接线图的识图实例	340

第13章 供配电系统电气线路的识读 / 343

13.1	供配电系统简介	343
13.1.1	供配电系统的组成	343
13.1.2	变电所与配电所	344
13.1.3	电力系统的电压规定	344
13.2	变配电所主电路的接线形式	345
13.2.1	无母线主接线	346
13.2.2	单母线主接线	348
13.2.3	双母线主接线	350
13.3	供配电系统主接线图的识读	352
13.3.1	发电厂电气主接线图的识读	352
13.3.2	35/6kV大型工厂降压变电所电气主接线图的识读	357
13.3.3	10/0.4kV小型工厂变电所电气主接线图的识读	357
13.4	供配电系统二次电路的识读	362
13.4.1	二次电路与一次电路的关系说明	362
13.4.2	二次电路的原理图、展开图和安装接线图	362
13.4.3	直流操作电源的识读	370
13.4.4	断路器控制和信号电路的识读	371
13.4.5	中央信号电路的识读	372

13.4.6	继电器保护电路的识读.....	375
13.4.7	电测量仪表电路的识读.....	377
13.4.8	自动装置电路的识读.....	377
13.4.9	发电厂与变配电所电路的数字标号与符号标注规定.....	379

第14章 电子电路识图 / 382

14.1	放大电路.....	382
14.1.1	固定偏置放大电路.....	382
14.1.2	电压负反馈放大电路.....	383
14.1.3	分压式电流负反馈放大电路.....	384
14.1.4	交流放大电路.....	385
14.2	谐振电路.....	386
14.2.1	串联谐振电路.....	386
14.2.2	并联谐振电路.....	388
14.3	振荡器.....	389
14.3.1	振荡器组成与原理.....	389
14.3.2	变压器反馈式振荡器.....	390
14.4	电源电路.....	390
14.4.1	电源电路的组成.....	390
14.4.2	整流电路.....	391
14.4.3	滤波电路.....	393
14.4.4	稳压电路.....	396
14.5	开关电源.....	399
14.5.1	开关电源的特点与工作原理.....	399
14.5.2	自激式开关电源电路.....	401
14.5.3	他激式开关电源电路.....	404

第15章 电力电子电路识图 / 406

15.1	整流电路 (AC-DC变换电路).....	406
15.1.1	不可控整流电路.....	406
15.1.2	可控整流电路.....	410
15.2	斩波电路 (DC-DC变换电路).....	413
15.2.1	基本斩波电路.....	413
15.2.2	复合斩波电路.....	417
15.3	逆变电路 (DC-AC变换电路).....	419
15.3.1	逆变原理.....	420